

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-063567

(43)Date of publication of application : 28.02.2002

(51)Int.Cl.

G06T 1/00
G01B 11/00
G06T 7/00
G06T 7/60

(21)Application number : 2000-251772

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 23.08.2000

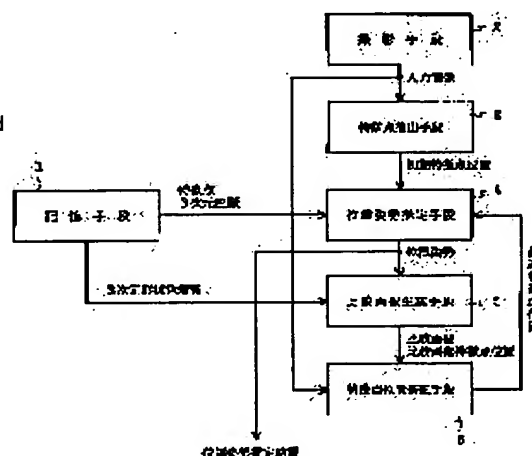
(72)Inventor : ISHIYAMA RUI

(54) DEVICE AND METHOD FOR ESTIMATING BODY POSITION AND ATTITUDE, METHOD FOR FEATURE POINT EXTRACTION METHOD USING THE SAME, AND IMAGE COLLATING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a body position and attitude estimating device which is applicable to not only a body which has a clear edge and is in a simple shape such as polyhedron but also even a body in a complicated shape such as a concave shape and a body whose edge is unclear.

SOLUTION: A storage means 1 stores the three-dimensional shape of an object body, color information on the surface, and the position of a feature point of the body. A photographing means 2 photographs an input image and a feature point extracting means 3 extracts the position of the feature point of the body from the input image. A position and attitude estimating means 4 computes the position and attitude of the body by using the extracted feature point position and three-dimensional coordinates of the registered feature point position. A comparison image generating means 5 generates an image of the body at the estimated position attitude and computes the position of the feature point in the comparison image from the position of the registered feature point. A feature point position correcting means 6 compares the comparison image with the input image and corrects the feature point position extracted from the input image.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-63567
(P2002-63567A)

(43)公開日 平成14年2月28日(2002.2.28)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-コード*(参考)
G 0 6 T 1/00	3 1 5	G 0 6 T 1/00	3 1 5 2 F 0 6 5
G 0 1 B 11/00		G 0 1 B 11/00	H 5 B 0 5 7
G 0 6 T 7/00		G 0 6 T 7/00	C 5 L 0 9 6
7/60	1 5 0	7/60	1 5 0 B

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 15 頁)

(21)出願番号 特願2000-251772(P2000-251772)

(22)出願日 平成12年8月23日(2000.8.23)

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 石山 壘

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74)代理人 100088812

弁理士 ▲柳▼川 信

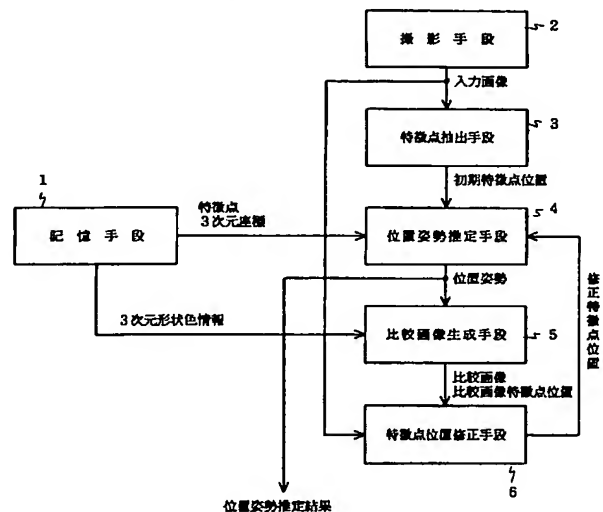
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 物体位置姿勢推定装置及びその方法並びにそれを用いた特徴点位置抽出方法及び画像照合方法

(57)【要約】

【課題】 エッジが明確である多面体等の単純な形状の物体に限らず、凹形状を持つ等の複雑な形状である物体やエッジが明確でない物体に対しても適用可能な物体位置姿勢推定装置を提供する。

【解決手段】 記憶手段1には対象物体の3次元形状と表面の色情報と物体の特徴点の位置とが記憶されている。撮影手段2は入力画像を撮影し、特徴点抽出手段3は入力画像から物体の特徴点の位置を抽出する。位置姿勢推定手段4は抽出された特徴点位置と登録されている特徴点位置の3次元座標とを用いて物体の位置姿勢を計算する。比較画像生成手段5は推定された位置姿勢における物体の画像を生成し、比較画像上での特徴点の位置を登録されている特徴点の位置から計算する。特徴点位置修正手段6は比較画像と入力画像とを比較し、入力画像から抽出された特徴点位置の修正を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 予め登録される対象物体の 3 次元形状モデルと前記対象物体の特徴点の位置情報と前記対象物体の表面の色情報とを記憶する記憶手段と、前記対象物体の入力画像を撮影する撮影手段と、前記撮影手段で撮影された入力画像から前記対象物体の特徴点の位置を抽出する抽出手段と、前記記憶手段に登録されている特徴点の 3 次元座標と前記抽出手段で抽出された特徴点位置とを用いて物体の位置姿勢を推定する推定手段と、前記対象物体が前記推定手段で推定された位置姿勢にある時の画像を前記記憶手段に登録されている 3 次元形状と表面の色情報とを用いて比較画像として生成する生成手段と、前記生成手段で生成された比較画像を参照して前記抽出手段で抽出された入力画像上の特徴点の位置を修正する修正手段とを有し、前記修正手段で修正された特徴点位置と前記記憶手段に登録されている特徴点の 3 次元座標とを用いて物体の位置姿勢を推定し、その推定された位置姿勢を結果として出力するようにしたことを特徴とする物体位置姿勢推定装置。

【請求項 2】 前記抽出手段は、手動による前記特徴点の位置の抽出と自動的に行う前記特徴点の位置の抽出とのいずれかによって前記入力画像から前記対象物体の特徴点の位置を抽出するようにしたことを特徴とする請求項 1 記載の物体位置姿勢推定装置。

【請求項 3】 予め登録される対象物体の 3 次元形状モデルと前記対象物体の特徴点の位置情報と前記対象物体の表面の色情報とを記憶する記憶手段と、前記対象物体の入力画像を撮影する撮影手段と、前記撮影手段で撮影された入力画像から前記対象物体の特徴点の位置を抽出する抽出手段と、前記記憶手段に登録されている特徴点の 3 次元座標と前記抽出手段で抽出された特徴点位置とを用いて物体の位置姿勢を推定する推定手段と、前記対象物体が前記推定手段で推定された位置姿勢にある時の画像を前記記憶手段に登録されている 3 次元形状と表面の色情報とを用いて比較画像として生成しかつその比較画像上での特徴点位置を計算する生成手段と、前記生成手段で生成された比較画像及びその比較画像上での特徴点位置を参照して前記抽出手段で抽出された入力画像上の特徴点の位置を修正する修正手段とを有し、前記修正手段で修正された特徴点位置と前記記憶手段に登録されている特徴点の 3 次元座標とを用いて物体の位置姿勢を推定し、その推定された位置姿勢を結果として出力するようにしたことを特徴とする物体位置姿勢推定装置。

【請求項 4】 前記抽出手段は、手動による前記特徴点の位置の抽出と自動的に行う前記特徴点の位置の抽出とのいずれかによって前記入力画像から前記対象物体の特徴点の位置を抽出するようにしたことを特徴とする請求項 3 記載の物体位置姿勢推定装置。

【請求項 5】 前記修正手段は、手動による前記特徴点の位置の修正と自動的に行う前記特徴点の位置の修正と

のいずれかによって前記入力画像上の特徴点の位置を修正するようにしたことを特徴とする請求項 3 または請求項 4 記載の物体位置姿勢推定装置。

【請求項 6】 予め登録される対象物体の 3 次元形状モデルと前記対象物体の特徴点の位置情報と前記対象物体の表面の色情報とを記憶する記憶手段と、前記対象物体の入力画像を撮影する撮影手段と、前記撮影手段で撮影された入力画像から前記対象物体の特徴点の位置を抽出する抽出手段と、前記記憶手段に登録されている特徴点の 3 次元座標と前記抽出手段で抽出された特徴点位置とを用いて物体の位置姿勢を推定する推定手段と、前記対象物体が前記推定手段で推定された位置姿勢にある時の画像を前記記憶手段に登録されている 3 次元形状と表面の色情報とを用いて比較画像として生成する生成手段と、前記生成手段で生成された比較画像と前記入力画像とを比較することで前記抽出手段で抽出された特徴点の位置を修正する修正手段とを有し、前記位置姿勢の推定から前記特徴点位置の修正までの処理を繰り返し、最終的に推定された位置姿勢を結果として出力するようにしたことを特徴とする物体位置姿勢推定装置。

【請求項 7】 前記抽出手段は、手動による前記特徴点の位置の抽出と自動的に行う前記特徴点の位置の抽出とのいずれかによって前記入力画像から前記対象物体の特徴点の位置を抽出するようにしたことを特徴とする請求項 6 記載の物体位置姿勢推定装置。

【請求項 8】 前記特徴点位置の修正が、前記比較画像の特徴点位置の周辺画像を比較部分画像として切り出し、前記入力画像の特徴点位置の周辺において前記比較部分画像と最も似ている領域を探索し、その領域の位置を正しい特徴点の位置として前記入力画像の特徴点位置を修正するようにしたことを特徴とする請求項 6 または請求項 7 記載の物体位置姿勢推定装置。

【請求項 9】 前記特徴点位置の修正が、前記入力画像において抽出された特徴点位置の周辺の画像を比較部分画像として切り出し、前記比較画像の特徴点位置の周辺において前記比較部分画像と最も似ている領域の位置を探索し、その位置に対応する 3 次元形状モデル上の点を正しい特徴点とし、その点の 3 次元座標をもって登録されている特徴点の 3 次元座標を修正するようにしたことを特徴とする請求項 6 または請求項 7 記載の物体位置姿勢推定装置。

【請求項 10】 予め登録される対象物体の 3 次元形状モデルと前記対象物体の特徴点の位置情報と前記対象物体の表面の色情報とを記憶するステップと、前記対象物体の入力画像を撮影するステップと、その撮影された入力画像から前記対象物体の特徴点の位置を抽出するステップと、その抽出された特徴点位置と登録されている特徴点の 3 次元座標とを用いて物体の位置姿勢を推定するステップと、前記対象物体が推定された位置姿勢にある時の画像を登録されている 3 次元形状と表面の色情報と

を用いて比較画像として生成するステップと、その生成された比較画像を参照して抽出された入力画像上の特徴点の位置を修正するステップとを有し、その修正された特徴点位置と登録されている特徴点の 3 次元座標とを用いて物体の位置姿勢を推定し、その推定された位置姿勢を結果として出力するようにしたことを特徴とする物体位置姿勢推定方法。

【請求項 11】 前記対象物体の特徴点の位置を抽出するステップは、手動による前記特徴点の位置の抽出と自動的に行う前記特徴点の位置の抽出とのいずれかによって前記入力画像から前記対象物体の特徴点の位置を抽出するようにしたことを特徴とする請求項 10 記載の物体位置姿勢推定方法。

【請求項 12】 予め登録される対象物体の 3 次元形状モデルと前記対象物体の特徴点の位置情報と前記対象物体の表面の色情報とを記憶するステップと、前記対象物体の入力画像を撮影するステップと、その撮影された入力画像から前記対象物体の特徴点の位置を抽出するステップと、その抽出された特徴点位置と登録されている特徴点の 3 次元座標とを用いて物体の位置姿勢を推定するステップと、前記対象物体が推定された位置姿勢にある時の画像を登録されている 3 次元形状と表面の色情報とを用いて比較画像として生成しかつその比較画像上での特徴点位置を計算するステップと、これら生成された比較画像及びその比較画像上での特徴点位置を参照して抽出された入力画像上の特徴点の位置を修正するステップとを有し、その修正された特徴点位置と登録されている特徴点の 3 次元座標とを用いて物体の位置姿勢を推定し、その推定された位置姿勢を結果として出力するようにしたことを特徴とする物体位置姿勢推定方法。

【請求項 13】 前記対象物体の特徴点の位置を抽出するステップは、手動による前記特徴点の位置の抽出と自動的に行う前記特徴点の位置の抽出とのいずれかによって前記入力画像から前記対象物体の特徴点の位置を抽出するようにしたことを特徴とする請求項 12 記載の物体位置姿勢推定方法。

【請求項 14】 前記入力画像上の特徴点の位置を修正するステップは、手動による前記特徴点の位置の修正と自動的に行う前記特徴点の位置の修正とのいずれかによって前記入力画像上の特徴点の位置を修正するようにしたことを特徴とする請求項 12 または請求項 13 記載の物体位置姿勢推定方法。

【請求項 15】 予め登録される対象物体の 3 次元形状モデルと前記対象物体の特徴点の位置情報と前記対象物体の表面の色情報とを記憶するステップと、前記対象物体の入力画像を撮影するステップと、その撮影された入力画像から前記対象物体の特徴点の位置を抽出するステップと、その抽出された特徴点位置と登録されている特徴点の 3 次元座標とを用いて物体の位置姿勢を推定するステップと、前記対象物体が推定された位置姿勢にある

時の画像を登録されている 3 次元形状と表面の色情報とを用いて比較画像として生成するステップと、その生成された比較画像と前記入力画像とを比較することで抽出された特徴点の位置を修正するステップとを有し、前記位置姿勢の推定から前記特徴点位置の修正までの処理を繰り返し、最終的に推定された位置姿勢を結果として出力するようにしたことを特徴とする物体位置姿勢推定方法。

【請求項 16】 前記対象物体の特徴点の位置を抽出するステップは、手動による前記特徴点の位置の抽出と自動的に行う前記特徴点の位置の抽出とのいずれかによって前記入力画像から前記対象物体の特徴点の位置を抽出するようにしたことを特徴とする請求項 15 記載の物体位置姿勢推定方法。

【請求項 17】 前記特徴点位置の修正が、前記比較画像の特徴点位置の周辺画像を比較部分画像として切り出し、前記入力画像の特徴点位置の周辺において前記比較部分画像と最も似ている領域を探索し、その領域の位置を正しい特徴点の位置として前記入力画像の特徴点位置を修正するようにしたことを特徴とする請求項 15 または請求項 16 記載の物体位置姿勢推定方法。

【請求項 18】 前記特徴点位置の修正が、前記入力画像において抽出された特徴点位置の周辺の画像を比較部分画像として切り出し、前記比較画像の特徴点位置の周辺において前記比較部分画像と最も似ている領域の位置を探索し、その位置に対応する 3 次元形状モデル上の点を正しい特徴点とし、その点の 3 次元座標をもって登録されている特徴点の 3 次元座標を修正するようにしたことを特徴とする請求項 6 または請求項 7 記載の物体位置姿勢推定方法。

【請求項 19】 請求項 15 または請求項 16 記載の物体位置姿勢推定方法において、最終的な出力として修正された特徴点位置を出力することを特徴とする特徴点位置抽出方法。

【請求項 20】 請求項 19 記載の特徴点位置抽出方法において、前記特徴点位置の修正が、前記比較画像の特徴点位置の周辺画像を比較部分画像として切り出し、前記入力画像の特徴点位置の周辺において前記比較部分画像と最も似ている領域を探索し、その領域の位置を正しい特徴点の位置として前記入力画像の特徴点位置を修正するようにしたことを特徴とする特徴点位置抽出方法。

【請求項 21】 請求項 19 記載の特徴点位置抽出方法において、前記最終的な出力が修正された入力画像における特徴点の位置及び比較画像上での特徴点位置であり、その特徴点位置の情報を利用して前記入力画像中に写っている物体が登録されている物体であるか否かの照合処理と登録されているどの物体であるかの照合処理とのいずれかを行うようにしたことを特徴とする画像照合方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は物体位置姿勢推定装置及びその方法並びにそれを用いた特徴点位置抽出方法及び画像照合方法に関し、特に画像による物体の認識技術において認識対象となる物体の3次元形状や表面反射率、及び色情報等を予め登録しておくことによって画像上での物体の位置や姿勢を高精度に推定する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】画像による物体の位置姿勢の推定技術とは、図2に示すように、カメラ8等の撮影装置を用いて3次元物体（対象物体7）を撮影した画像を入力とし、その入力画像に写っている物体の位置や姿勢のパラメータを推定する技術である。

【0003】画像から3次元物体の位置姿勢を認識する技術としては、予め登録時に物体の3次元形状モデルや特徴点の3次元座標を記憶しておき、認識時にはカメラ8で対象物体7の画像を撮影し、その入力画像から特徴点の画像上の位置を抽出し、登録されている3次元座標と画像上の位置との対応関係を用いて物体の位置姿勢を推定するものが多い。

【0004】例えば、特開平6-258028号公報（文献1）に開示された「資格に基づく三次元位置及び姿勢の認識物体の姿勢推定方法及びその装置」では、図7に示すような構成をとっている。

【0005】図7において、登録時には記憶手段11に物体の様々な姿勢における見え方と特徴点の3次元座標を記憶しておき、認識時にはカメラ12で入力画像を撮影し、特徴点位置抽出手段13で入力画像から対象物体の特徴点の画像上での位置を抽出し、位置姿勢推定手段14で予め登録されている特徴点の3次元座標を用いてカメラ12の透視変換行列を計算し、物体の位置姿勢を求めて出力する。

【0006】また、画像から物体の照合を行う技術においても、物体の位置姿勢が変化した時の画像の変化を補正するために、物体の位置姿勢を精度よく推定することが必要である。

【0007】例えば、特開平6-168317号公報（文献2）に開示された「個人識別装置」では、図8に示すような構成をとっている。図8において、登録時には記憶手段23において、物体の画像中で輝度変動の大きな画素となる位置を特徴点位置として記憶しておく。同時に、標準的な物体の3次元形状モデルを予め用意して記憶しておく。

【0008】照合時にはカメラ22によって入力画像として2次元画像を撮影し、特徴点位置抽出手段23においては輝度変動の大きな画素位置を検出して特徴点位置を抽出し、位置姿勢推定手段24においては標準的な物体の3次元形状モデルを利用し、入力画像から抽出した特徴点位置から物体の姿勢を求める。

【0009】位置姿勢正規化手段25においては特徴点位置の補正を行い、照合手段26においては登録されている特徴点位置と補正された入力画像の特徴点位置とを比較することで照合を行っている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上述した従来の画像による物体の位置姿勢の推定技術では、文献1に記載された技術の場合、入力画像における物体の特徴点の位置を正確に抽出することができれば、物体の位置姿勢は正確に計算することができる。

【0011】しかしながら、様々な位置姿勢にある物体の画像から特徴点の位置を正確に抽出することは非常に困難であり、この特徴点抽出における誤差が位置姿勢の推定結果に誤差を生じる原因となってしまうという問題がある。

【0012】また、文献2に記載された技術の場合には、画像による物体の照合を行う際に、物体の位置姿勢の変化による画像の変動を補正するために画像中に写っている物体の位置姿勢を正確に推定することが必要である。

【0013】しかしながら、文献2に記載された技術の場合でも、入力画像からの特徴点位置の抽出に誤差が生じると位置姿勢の補正が正確に行えないために、照合性能が悪化するという問題がある。

【0014】すなわち、上記の技術のいずれもが入力画像から特徴点の位置を抽出する際の誤差が認識結果に大きく影響する。この特徴点位置の抽出を自動的に行うために用いる技術としては、対象物体が多面体等の単純な形状である場合、エッジや輪郭線の交点等を検出することによって特徴点抽出を行うのが一般的である。

【0015】文献2に記載された技術でも輝度変動の大きな画素位置を検出して特徴点位置を抽出している。しかしながら、撮影された画像のぼけの影響によってエッジの検出位置がずれることや、エッジが明確でないような形状の物体を対象とする場合にはこれを正確に行うことが困難である。

【0016】また、文献2に記載された技術のように人の顔等の複雑な形状の物体である場合には、物体の姿勢によって特徴点の見え方が異なるため、特徴点の画像中の位置を正確にかつ自動的に抽出することが非常に困難であり、例えば人間が手動で注意深く特徴点の抽出作業を行った場合でも、作業の担当者によって指定する位置が微妙に異なってしまうという問題がある。

【0017】例えば、人の顔の目じりの部分のように、凹の形状である部分の特徴点とした場合、図9（a）～（c）に示すように、物体の姿勢によって特徴点の見え方が異なってくる。図9（a）は人の目を正面から見た画像を示す図、図9（b）は目を上から見た場合の断面図、図9（c）は目を図9（b）の方向Cから見た画像を示す図である。

【0018】正面から見た場合には、図9(a)に示すように、正しい目じり特徴点位置である点Aが見えているため、正確に点Aを抽出することが可能である。しかしながら、図9(b)の方向Cから見た画像の場合、画像が図9(c)に示すようになり、点Bが目尻点であるように見えてしまう。

【0019】したがって、点Bが特徴点位置として抽出されるが、登録されている目尻特徴点Aとは位置が異なる点であるため、物体の姿勢の計算に誤差を与える結果となる。原理的に、図9(c)において正しい目尻点Aは見えないので、図9(c)の画像上で正しい目尻点を抽出することは極めて困難である。

【0020】そこで、本発明の目的は上記の問題点を解消し、エッジが明確である多面体等の単純な形状の物体に限らず、凹形状を持つ等の複雑な形状である物体や、エッジが明確でない物体に対しても適用することができる物体位置姿勢推定装置及びその方法並びにその制御プログラムを記録した記録媒体を提供することにある。

【0021】

【課題を解決するための手段】本発明による物体位置姿勢推定装置は、予め登録される対象物体の3次元形状モデルと前記対象物体の特徴点の位置情報と前記対象物体の表面の色情報とを記憶する記憶手段と、前記対象物体の入力画像を撮影する撮影手段と、前記撮影手段で撮影された入力画像から前記対象物体の特徴点の位置を抽出する抽出手段と、前記記憶手段に登録されている特徴点の3次元座標と前記抽出手段で抽出された特徴点位置とを用いて物体の位置姿勢を推定する推定手段と、前記対象物体が前記推定手段で推定された位置姿勢にある時の画像を前記記憶手段に登録されている3次元形状と表面の色情報とを用いて比較画像として生成する生成手段と、前記生成手段で生成された比較画像を参照して前記抽出手段で抽出された入力画像上の特徴点の位置を修正する修正手段とを備え、前記修正手段で修正された特徴点位置と前記記憶手段に登録されている特徴点の3次元座標とを用いて物体の位置姿勢を推定し、その推定された位置姿勢を結果として出力するようにしている。

【0022】本発明による他の物体位置姿勢推定装置は、予め登録される対象物体の3次元形状モデルと前記対象物体の特徴点の位置情報と前記対象物体の表面の色情報とを記憶する記憶手段と、前記対象物体の入力画像を撮影する撮影手段と、前記撮影手段で撮影された入力画像から前記対象物体の特徴点の位置を抽出する抽出手段と、前記記憶手段に登録されている特徴点の3次元座標と前記抽出手段で抽出された特徴点位置とを用いて物体の位置姿勢を推定する推定手段と、前記対象物体が前記推定手段で推定された位置姿勢にある時の画像を前記記憶手段に登録されている3次元形状と表面の色情報とを用いて比較画像として生成しかつその比較画像上での特徴点位置を計算する生成手段と、前記生成手段で生成

された比較画像及びその比較画像上での特徴点位置を参照して前記抽出手段で抽出された入力画像上の特徴点の位置を修正する修正手段とを備え、前記修正手段で修正された特徴点位置と前記記憶手段に登録されている特徴点の3次元座標とを用いて物体の位置姿勢を推定し、その推定された位置姿勢を結果として出力するようにしている。

【0023】本発明による別の物体位置姿勢推定装置は、予め登録される対象物体の3次元形状モデルと前記対象物体の特徴点の位置情報と前記対象物体の表面の色情報とを記憶する記憶手段と、前記対象物体の入力画像を撮影する撮影手段と、前記撮影手段で撮影された入力画像から前記対象物体の特徴点の位置を抽出する抽出手段と、前記記憶手段に登録されている特徴点の3次元座標と前記抽出手段で抽出された特徴点位置とを用いて物体の位置姿勢を推定する推定手段と、前記対象物体が前記推定手段で推定された位置姿勢にある時の画像を前記記憶手段に登録されている3次元形状と表面の色情報とを用いて比較画像として生成する生成手段と、前記生成手段で生成された比較画像と前記入力画像とを比較することで前記抽出手段で抽出された特徴点の位置を修正する修正手段とを備え、前記位置姿勢の推定から前記特徴点位置の修正までの処理を繰り返し、最終的に推定された位置姿勢を結果として出力するようにしている。

【0024】本発明による物体位置姿勢推定方法は、予め登録される対象物体の3次元形状モデルと前記対象物体の特徴点の位置情報と前記対象物体の表面の色情報とを記憶するステップと、前記対象物体の入力画像を撮影するステップと、その撮影された入力画像から前記対象物体の特徴点の位置を抽出するステップと、その抽出された特徴点位置と登録されている特徴点の3次元座標とを用いて物体の位置姿勢を推定するステップと、前記対象物体が推定された位置姿勢にある時の画像を登録されている3次元形状と表面の色情報とを用いて比較画像として生成するステップと、その生成された比較画像を参照して抽出された入力画像上の特徴点の位置を修正するステップとを備え、その修正された特徴点位置と登録されている特徴点の3次元座標とを用いて物体の位置姿勢を推定し、その推定された位置姿勢を結果として出力するようにしている。

【0025】本発明による他の物体位置姿勢推定方法は、予め登録される対象物体の3次元形状モデルと前記対象物体の特徴点の位置情報と前記対象物体の表面の色情報とを記憶するステップと、前記対象物体の入力画像を撮影するステップと、その撮影された入力画像から前記対象物体の特徴点の位置を抽出するステップと、その抽出された特徴点位置と登録されている特徴点の3次元座標とを用いて物体の位置姿勢を推定するステップと、前記対象物体が推定された位置姿勢にある時の画像を登録されている3次元形状と表面の色情報とを用いて比較

画像として生成しかつその比較画像上での特徴点位置を計算するステップと、これら生成された比較画像及びその比較画像上での特徴点位置を参照して抽出された入力画像上の特徴点の位置を修正するステップとを備え、その修正された特徴点位置と登録されている特徴点の3次元座標とを用いて物体の位置姿勢を推定し、その推定された位置姿勢を結果として出力するようにしている。

【0026】本発明による別の物体位置姿勢推定方法は、予め登録される対象物体の3次元形状モデルと前記対象物体の特徴点の位置情報と前記対象物体の表面の色情報とを記憶するステップと、前記対象物体の入力画像を撮影するステップと、その撮影された入力画像から前記対象物体の特徴点の位置を抽出するステップと、その抽出された特徴点位置と登録されている特徴点の3次元座標とを用いて物体の位置姿勢を推定するステップと、前記対象物体が推定された位置姿勢にある時の画像を登録されている3次元形状と表面の色情報とを用いて比較画像として生成するステップと、その生成された比較画像と前記入力画像とを比較することで抽出された特徴点の位置を修正するステップとを備え、前記位置姿勢の推定から前記特徴点位置の修正までの処理を繰り返し、最終的に推定された位置姿勢を結果として出力するようにしている。

【0027】本発明による特徴点位置抽出方法は、上記の本発明による別の物体位置姿勢推定方法において、最終的な出力として修正された特徴点位置を出力している。

【0028】本発明による他の特徴点位置抽出方法は、上記の本発明による特徴点位置抽出方法において、前記特徴点位置の修正が、前記比較画像の特徴点位置の周辺画像を比較部分画像として切り出し、前記入力画像の特徴点位置の周辺において前記比較部分画像と最も似ている領域を探索し、その領域の位置を正しい特徴点の位置として前記入力画像の特徴点位置を修正するようにしている。

【0029】本発明による画像照合方法は、上記の本発明による特徴点位置抽出方法において、前記最終的な出力が修正された入力画像における特徴点の位置及び比較画像上での特徴点位置であり、その特徴点位置の情報を利用して前記入力画像中に写っている物体が登録されている物体であるか否かの照合処理と登録されているどの物体であるかの照合処理とのいずれかを行うようにしている。

【0030】すなわち、本発明の第1の物体位置姿勢推定装置は、予め対象物体の3次元形状モデルと特徴点の位置情報と表面の色情報とを登録しておき、対象物体の入力画像を撮影し、該入力画像から対象物体の特徴点の位置を手動または自動的に抽出し、登録されている特徴点の3次元座標と抽出された特徴点位置とを用いて物体の位置姿勢を推定し、物体が推定された位置姿勢にある

時の画像を、登録されている3次元形状モデルと表面の色情報とを用いて比較画像として生成し、該比較画像を参照して抽出された入力画像上の特徴点の位置を手動または自動的に修正し、該修正された特徴点位置と登録されている特徴点の3次元座標とを用いて物体の位置姿勢を推定し、該推定された位置姿勢を結果として出力することを特徴としている。

【0031】本発明の第2の物体位置姿勢推定装置は、予め対象物体の3次元形状モデルと特徴点の位置情報と表面の色情報とを登録しておき、対象物体の入力画像を撮影し、該入力画像から対象物体の特徴点の位置を手動または自動的に抽出し、登録されている特徴点の3次元座標と抽出された特徴点位置とを用いて物体の位置姿勢を推定し、物体が推定された位置姿勢にある時の画像を、登録されている3次元形状モデルと表面の色情報とを用いて比較画像として生成し、同時に比較画像上での特徴点位置を計算し、比較画像及び比較画像上での特徴点位置を参照して抽出された入力画像上の特徴点の位置を自動または手動により修正し、該修正された特徴点位置と登録されている特徴点の3次元座標とを用いて物体の位置姿勢を推定し、該推定された位置姿勢を結果として出力することを特徴としている。

【0032】本発明の第3の物体位置姿勢推定装置は、予め対象物体の3次元形状モデルと特徴点の位置情報と表面の色情報とを登録しておき、対象物体の入力画像を撮影し、該入力画像から対象物体の特徴点の位置を抽出し、登録されている特徴点の3次元座標と抽出された特徴点位置とを用いて物体の位置姿勢を推定し、物体が推定された位置姿勢にある時の画像を、登録されている3次元形状モデルと表面の色情報とを用いて比較画像として生成し、該比較画像と入力画像とを比較することで特徴点の位置を修正し、位置姿勢の推定から特徴点位置の修正までの処理を繰り返し、最終的に推定された位置姿勢を結果として出力することを特徴としている。

【0033】本発明の第4の物体位置姿勢推定装置は、上記の本発明の第3の物体位置姿勢推定装置において、最終的な出力として修正された特徴点位置を出力することを特徴としている。

【0034】本発明の第5の物体位置姿勢推定装置は、上記の本発明の第3及び第4の物体位置姿勢推定装置のいずれかにおいて、特徴点位置の修正が、比較画像の特徴点位置の周辺画像を比較部分画像として切り出し、入力画像の特徴点位置の周辺において比較部分画像と最も似ている領域を探索し、該領域の位置を正しい特徴点の位置として入力画像の特徴点位置を修正するものであることを特徴としている。

【0035】本発明の第6の物体位置姿勢推定装置は、上記の本発明の第3の物体位置姿勢推定装置において、特徴点位置の修正が、入力画像において抽出された特徴点位置の周辺の画像を比較部分画像として切り出し、比

較画像の特徴点位置の周辺において比較部分画像と最も似ている領域の位置を探索し、該位置に対応する3次元形状モデル上の点を正しい特徴点としてその点の3次元座標をもって登録されている特徴点の3次元座標を修正するものであることを特徴としている。

【0036】本発明の第7の物体位置姿勢推定装置は、上記の本発明の第4の物体位置姿勢推定装置において、最終的な出力が修正された入力画像における特徴点の位置及び比較画像上での特徴点位置であり、入力画像と比較画像との特徴点位置の誤差をもって入力画像中に写っている物体が登録されている物体であるか否かの照合処理を行うことを特徴としている。

【0037】上記のような構成及び処理動作をとることによって、エッジが明確である多面体等の単純な形状の物体に限らず、凹形状を持つ等の複雑な形状である物体や、エッジが明確でない物体に対しても、様々な位置姿勢にある物体の画像から正確に特徴点位置を抽出することが可能となり、物体の位置姿勢を正確に推定することが可能となる。また、特徴点位置に基づいた物体照合システムの性能を向上させることも可能となる。

【0038】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施例について図面を参照して説明する。図1は本発明の一実施例による物体位置姿勢推定装置の構成を示すブロック図であり、図2は本発明の一実施例による画像による物体の位置姿勢推定方法の一例を示す図であり、図3は本発明の一実施例による比較画像からの部分画像の切り出しを説明するための図であり、図4は本発明の一実施例による特徴点位置の修正を説明するための図である。

【0039】図1において、本発明の一実施例による物体位置姿勢推定装置は記憶手段1と、撮影手段2と、特徴点抽出手段3と、位置姿勢推定手段4と、比較画像生成手段5と、特徴点位置修正手段6とから構成されている。これらの手段による処理は図2の処理装置9での処理に相当する。

【0040】記憶手段1は図2の対象物体7の3次元形状と表面の色情報と物体の特徴点の位置とを予め記憶している。物体の3次元形状及び色情報は設計図が存在する物体であれば図面から入力したり、測定装置を利用する等の種々の方法が利用可能である。この測定装置としては、例えば本願出願人から提案されている3次元形状計測装置を利用して計測することが可能である。特徴点の位置の入力については、手動で行うこともできるし、表面の色、表面形状の曲率の変化が大きい部位等を検出する等の方法によって自動的に行うこともできる。

【0041】撮影手段2は図2のカメラ8等の撮像装置

を用いて対象物体7の画像を撮影し、入力画像として出力する。特徴点抽出手段3は入力画像から物体の特徴点の位置を抽出する。本実施例では手動で利用者が位置を入力するものとする。この特徴点抽出方法は一例であり、この他にも種々の自動的に行う等の手法が利用可能である。

【0042】位置姿勢推定手段4は特徴点抽出手段3で抽出された特徴点位置と、登録されている特徴点位置の3次元座標を用いて、物体の位置姿勢を計算する。これには「An Efficient and Accurate Camera Calibration Technique for 3D Machine Vision」(Roger Y. Tsai, Proc. CVPR'86, pp. 364-374, 1986) (文献3)に記載の技術等の様々な技術が利用可能であるが、本実施例では一例として位置姿勢のパラメタとして物体の平行移動距離(Tx, Ty, Tz)、xyz軸の周りの回転角度(Rx, Ry, Rz)、カメラ8の焦点距離fを、カメラモデルとしてピンホールカメラを用いて次のような方法をとる。

【0043】上記のように、焦点距離等の撮像装置のパラメタも含めて位置姿勢と呼ぶ。特徴点の3次元位置 $P_i(x_i, y_i, z_i)$ と、入力画像における特徴点位置 $F_i(u_i, v_i)$ との間の関係は、

【数1】

$$\begin{bmatrix} u_i \\ v_i \end{bmatrix} = \frac{f}{c} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

……(1)

で表される。但し、a, b, cは、

【数2】

$$\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Tx \\ Ty \\ Tz \end{bmatrix}$$

……(2)

で表される値である。

【0044】Rは、

【数3】

$$R = \begin{bmatrix} \cos Ry \cos Rz & -\cos Rx \sin Rz + \sin Rx \sin Ry \cos Rz & \sin Rz \sin Rx + \cos Rx \sin Ry \cos Rz \\ \cos Ry \sin Rz & \cos Rx \cos Rz + \sin Rx \sin Ry \sin Rz & -\sin Rx \cos Rz + \cos Rx \sin Ry \sin Rz \\ -\sin Ry & \sin Rx \cos Ry & \cos Rx \cos Ry \end{bmatrix}$$

…… (3)

で表される回転を表す行列である。

【0045】各特徴点についての(1)式で計算される値と入力画像から抽出された特徴点位置の値の誤差の総和が最小になるように、回転角度(Rx, Ry, Rz)、平行移動距離(Tx, Ty, Tz)、焦点距離fを最適化計算によって求める。この最適化の計算には様々な方法が利用できる。

【0046】最適化計算によって求めた回転角度(Rx, Ry, Rz)、平行移動距離(Tx, Ty, Tz)、焦点距離fを位置姿勢として出力する。上述した位置姿勢パラメタやカメラモデルの定義と計算方法はあくまで一例であり、この他にも様々な方法が利用可能である。

【0047】比較画像生成手段5は位置姿勢推定手段4で推定された位置姿勢における物体の画像を生成する。これに利用できる技術は「OpenGLプログラミングガイド」(Mason Woo, Jackie Neider, Tom Davis, アジソン・ウェスレイ・パブリシャーズ・ジャパン)(文献4)に詳しく述べられている。この生成された画像を比較画像と呼ぶ。

【0048】同時に、比較画像上での特徴点の位置を登録されている特徴点の位置から計算する。各特徴点の登録されている3次元座標をPi (xi, yi, zi)とすれば、上記で生成された画像上での位置Qi (si, ti)は、

【数4】

$$\begin{bmatrix} s_i \\ t_i \end{bmatrix} = \frac{f}{c} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

…… (4)

で表される。但し、a, b, cは、(2)式で表される値である。

【0049】特徴点位置修正手段6は比較画像と入力画像とを比較し、入力画像から抽出された特徴点位置の修正を行う。特徴点位置修正手段6はまず、図3に示すように、比較画像から計算された特徴点位置Qi (si, ti)周辺の画像を部分画像として切り出す。

【0050】次に、特徴点位置修正手段6は、図4に示すように、入力画像の特徴点位置Fi (ui, vi)の周辺領域で探索領域を設定し、部分画像と最も似ている領域の位置Fi'を探索する。この時の画像の類似度の

評価値としては様々なものを利用可能であるが、本実施例では一例として輝度値の差の二乗和を用いることとする。

【0051】最後に、特徴点位置修正手段6は該探索位置Fi'を正しい特徴点位置として特徴点位置Fiを修正する。この時の修正量が予め定めておいた閾値以下になるまで、位置姿勢推定手段5以降の処理を修正された特徴点をもって初期特徴点位置に置き換えて繰り返し行う。特徴点位置の修正量が閾値以下となったら、推定された位置姿勢または修正された特徴点位置を結果として出力する。

【0052】上記のように処理動作を行うことで、エッジが明確である多面体等の単純な形状の物体に限らず、凹形状を持つ等の複雑な形状である物体や、エッジが明確でない物体に対しても、様々な位置姿勢にある物体の画像から正確に特徴点位置を抽出することができ、物体の位置姿勢を正確に推定することができる。また、特徴点位置に基づいた物体照合システムの性能を向上させることもできる。

【0053】以上、本発明の一実施例について具体的に説明したが、本発明は本実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能であることは言うまでもない。また、本発明をコンピュータプログラムによって実現することももちろん可能である。

【0054】図5は本発明の他の実施例による物体位置姿勢推定方法の処理動作を示すフローチャートである。この図5を参照して本発明の他の実施例による物体位置姿勢推定方法の処理動作について説明する。

【0055】本発明では物体の3次元形状と表面の色情報とを登録しておくことで、任意の位置姿勢における物体の入力画像に対し、抽出された特徴点位置から求めた位置姿勢における物体の画像を生成し、生成した画像と入力画像とを比較することで特徴点位置の誤差を修正可能であることを利用している。

【0056】すなわち、初期推定として抽出された特徴点位置が誤差を含んでいても、ある程度の精度をもって物体の位置姿勢を計算することができる。この初期推定値に対応する位置姿勢での物体の画像はある程度の誤差を含むが、入力画像と十分近い画像である。したがって、この画像を利用して特徴点位置を再探索することによって、より正確に特徴点の位置を修正することができる。

【0057】こうして修正された特徴点位置を使って位置姿勢を再計算し、以降の処理を繰り返していけば、特

微点位置は正確な位置に向かって収束していく。こうして最終的に正確な位置姿勢を計算することができる。また、エッジ特徴等を用いず、画像を直接比較することによって、エッジが明確でない物体に対しても適用可能である。

【0058】まず、事前の登録処理について説明する。本発明の他の実施例では、予め対象物体の3次元形状モデルと表面の色情報とを登録しておく（図5ステップS1）。同時に、位置姿勢の推定に用いる物体の特徴的な部位である特徴点の3次元座標を登録しておく（図5ステップS2）。

【0059】物体の3次元形状と色情報とは設計図が存在する物体であれば図面から入力したり、測定装置を利用する等の種々の方法が利用可能である。この測定装置としては、例えば本願出願人から提案されている3次元形状計測装置を利用して計測することが可能である。特徴点の位置の入力については手動で行うこともできるし、表面の色の変化が大きい部位を検出する等の方法によって自動的に行うこともできる。

【0060】次に、初期推定の特徴点抽出が行われる（図5ステップS3）。これ初期推定の特徴点抽出には種々の方法が利用可能であるが、例えば特開平6-44365号公報に記載された「顔基準点抽出方法」等の方法を利用することもできる。また、入力された画像をみながら利用者が手動で入力することもできる。

【0061】次に、位置姿勢の計算方法について説明する。入力画像上で抽出されている特徴点位置と、該特徴点の3次元座標とを用いて物体の位置姿勢を計算する（図5ステップS4）。この物体の位置姿勢の計算には種々の手法が適用可能であり、その一例として上記の文献3に記載の方法等があるが、その詳しい説明については省略する。

【0062】次に、比較画像の生成について説明する。上記のように、ステップS4で計算された位置姿勢にある物体の画像を、登録されている3次元形状モデルと表面の色情報とを用いて生成する（図5ステップS5）。その生成手段の一例としてコンピュータグラフィックスの基本機能を利用する方法がある。コンピュータグラフィックスの機能については上記の文献4に詳しく述べられているので、ここではその説明を省略する。

【0063】同時に、特徴点の3次元座標と位置姿勢とを用いて、各特徴点の画像上の位置も計算することができる。この計算された各特徴点位置を中心とする部分領域を切り出して比較画像とする。

【0064】次に、特徴点位置の修正について説明する。初期推定で抽出された特徴点位置は誤差を含んでいる。そこで、入力画像中の初期推定特徴点位置の周囲の領域において、比較画像と最も似ている部分領域を探索する。その探索された部分領域位置の中心を正しい位置として、初期推定の特徴点位置を修正する（図5ステッ

プS6）。

【0065】図9に示すような例のように、正しい特徴点位置が見えなかったり、見え方が変化するような場合にも、この比較画像に似ている領域を探索し、探索された領域の中心位置として正しい特徴点位置を抽出することが可能になる。

【0066】修正された特徴点位置と登録されている特徴点の3次元座標とを使って、物体の位置姿勢を再計算する（図5ステップS7）。これによって、最終的な特徴点位置が求められれば（図5ステップS8）、最終的に求まった特徴点位置を使って計算される位置姿勢を結果として出力する（図5ステップS9）。

【0067】一方、最終的な特徴点位置が求められなければ（図5ステップS8）、該再計算された位置姿勢を用いて（図5ステップS10）、ステップS5の比較画像の生成処理以降の処理を繰り返して行い、入力画像から抽出される特徴点位置を正しい特徴点位置へ向かって修正していき、最終的に正確な特徴点位置へと収束する（図5ステップS5～S10）。こうして最終的に求まった特徴点位置を使って計算される位置姿勢を結果として出力することで、正確な位置姿勢を得ることができる。

【0068】上記のように、入力画像における特徴点の抽出位置を修正する方法とは別に、登録してある特徴点の位置を修正する方法も可能である。この方法では、比較画像の生成及び特徴点位置の修正のみが上記の方法とは異なり、その他の処理は上記の方法とまったく同等である。

【0069】図6は本発明の別の実施例による物体位置姿勢推定方法の処理動作を示すフローチャートである。この図6を参照して本発明の別の実施例による物体位置姿勢推定方法の処理動作について説明する。尚、ステップS11～S14は上述した本発明の他の実施例による物体位置姿勢推定方法のステップS1～S4と同様の動作なので、その動作についての説明を省略する。

【0070】まず、比較画像の生成について説明する。上記の方法とまったく同様に、計算された位置姿勢にある物体の画像を生成し、同時に特徴点の3次元座標と位置姿勢とを用いて、各特徴点の画像上の位置も計算する。ここで、入力画像の初期推定特徴点位置の周辺領域を切出し、比較画像とする（図6ステップS15）。

【0071】次に、特徴点位置の修正について説明する。ここでは、生成された画像上の、計算された特徴点位置の周辺領域において、比較画像と最も似ている領域を探索する。その探索された位置を正しい位置として、該位置に対応する3次元形状モデル上の点を求め、その点の3次元座標をもって登録されている特徴点位置を修正する（図6ステップS16）。

【0072】すなわち、図9に示す例においては、生成された画像上において点を探索し、登録されている特徴

点位置を3次元形状モデル上の点の位置へと修正することになる。

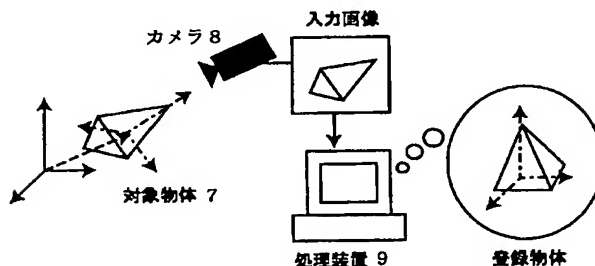
【0073】修正された特徴点位置と初期推定特徴点位置とを使って、物体の位置姿勢を計算し直し（図6ステップS17）、以下の処理を繰返し行う。この処理は繰返し行うこともでき、登録されている特徴点位置が入力画像から抽出された初期推定特徴点位置に対応する3次元モデル上の位置へ向かって修正されていき（図6ステップS18）、最終的に初期推定において入力画像上で抽出された特徴点に対応する正確な特徴点位置へと収束する。

【0074】こうして最終的に求まった特徴点位置を使って計算される位置姿勢を結果として出力することで（図6ステップS19、S20）、正確な位置姿勢を得ることができる。

【0075】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、予め登録される対象物体の3次元形状モデルと対象物体の特徴点の位置情報と対象物体の表面の色情報とを記憶し、対象物体の入力画像を撮影し、その撮影された入力画像から対象物体の特徴点の位置を抽出し、その抽出された特徴点位置と登録されている特徴点の3次元座標とを用いて物体の位置姿勢を推定し、対象物体が推定された位置姿勢にある時の画像を登録されている3次元形状と表面の色情報とを用いて比較画像として生成し、その生成された比較画像を参照して抽出された入力画像上の特徴点の位置を修正し、その修正された特徴点位置と登録されている特徴点の3次元座標とを用いて物体の位置姿勢を推定し、その推定された位置姿勢を結果として出力することによって、エッジが明確である多面体等の単純な形状の物体に限らず、凹形状を持つ等の複雑な形状である物体や、エッジが明確でない物体に対しても適用

【図2】



することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例による物体位置姿勢推定装置の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の一実施例による画像による物体の位置姿勢推定方法の一例を示す図である。

【図3】本発明の一実施例による比較画像からの部分画像の切り出しを説明するための図である。

【図4】本発明の一実施例による特徴点位置の修正を説明するための図である。

【図5】本発明の他の実施例による物体位置姿勢推定方法の処理動作を示すフローチャートである。

【図6】本発明の別の実施例による物体位置姿勢推定方法の処理動作を示すフローチャートである。

【図7】従来の物体の位置姿勢推定技術の一構成例を示すブロック図である。

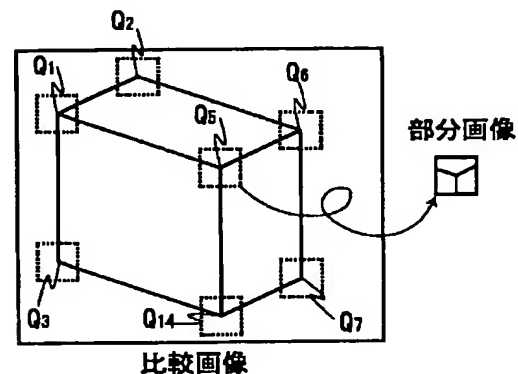
【図8】従来の物体の位置姿勢推定技術を用いた画像照合技術の一構成例を示すブロック図である。

【図9】（a）は人の目を正面から見た画像を示す図、（b）は目を上から見た場合の断面図、（c）は目を（b）の方向Cから見た画像を示す図である。

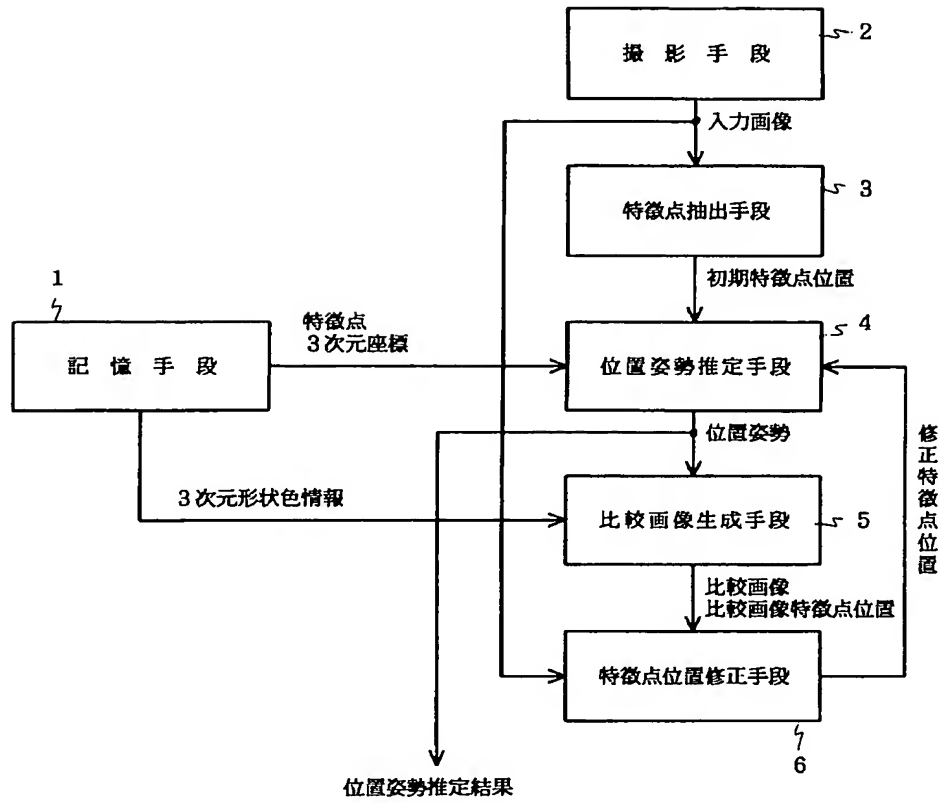
【符号の説明】

- 1 記憶手段
- 2 撮影手段
- 3 特徴点抽出手段
- 4 位置姿勢推定手段
- 5 比較画像生成手段
- 6 特徴点位置修正手段
- 7 対象物体
- 8 カメラ
- 9 処理装置

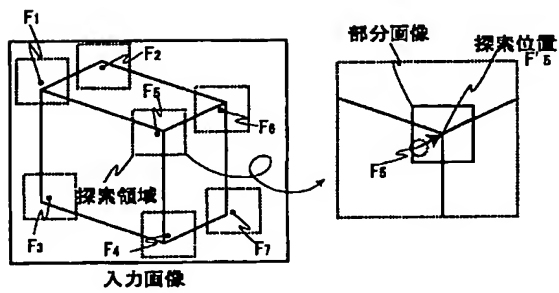
【図3】



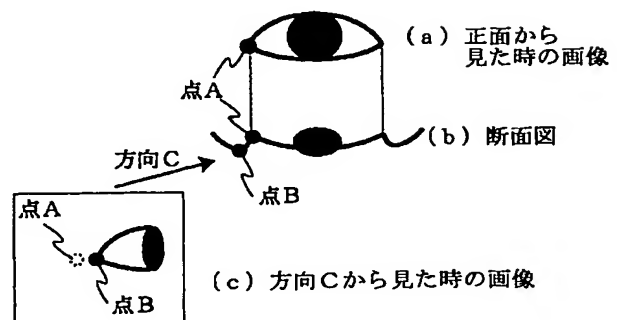
【図 1】



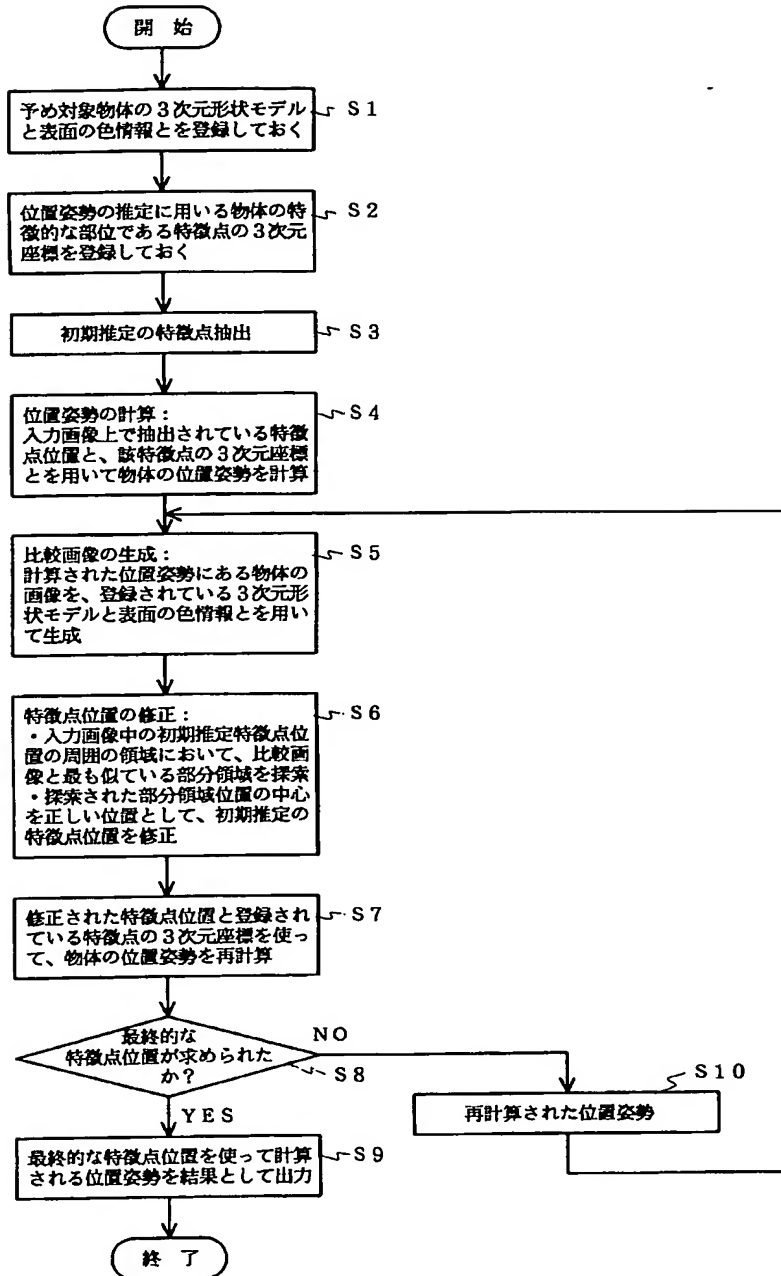
【図 4】



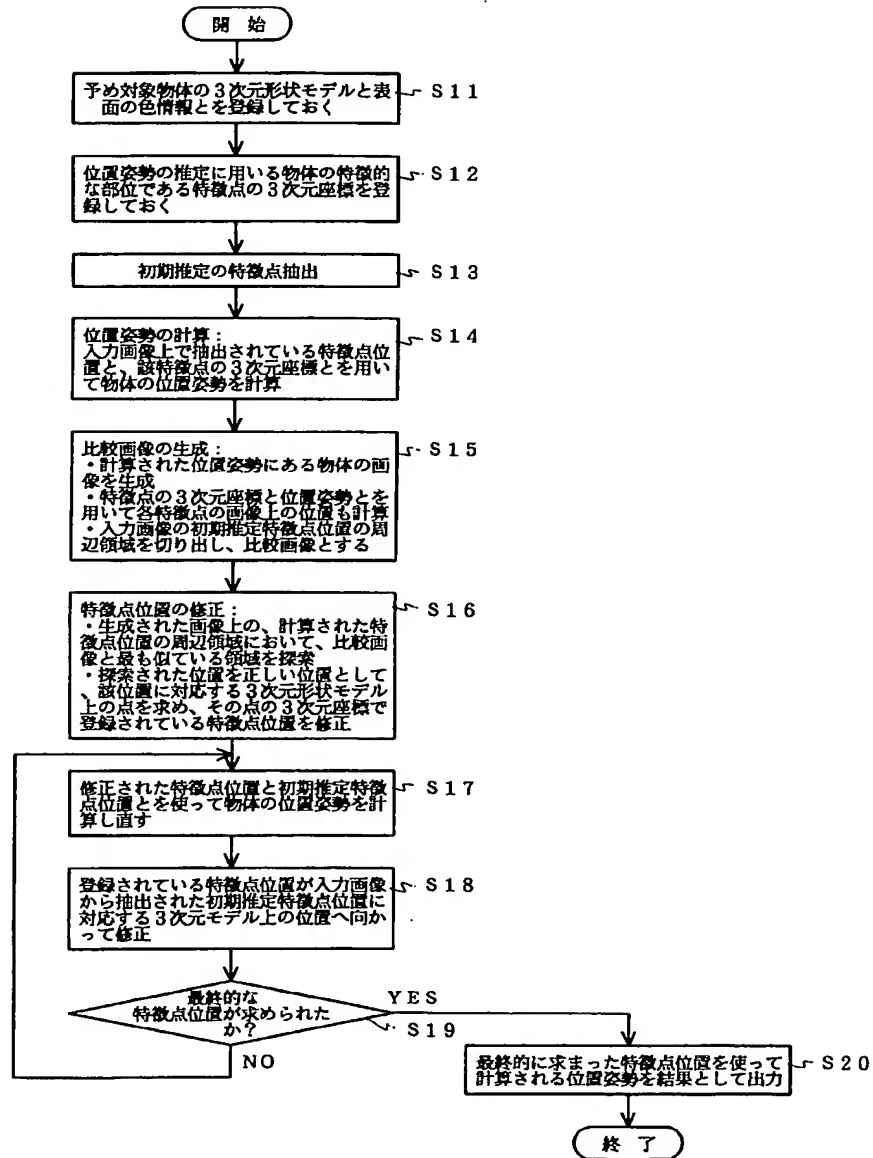
【図 9】



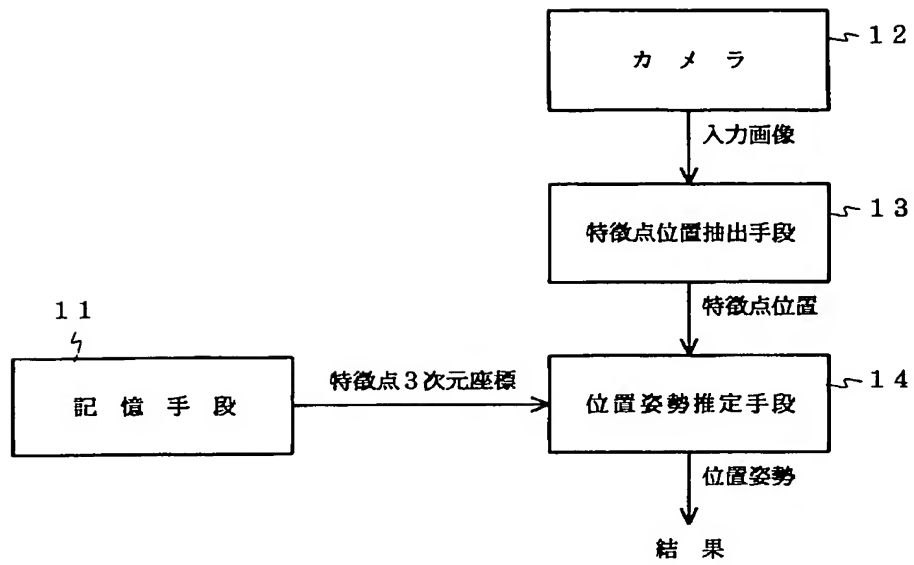
【図 5】



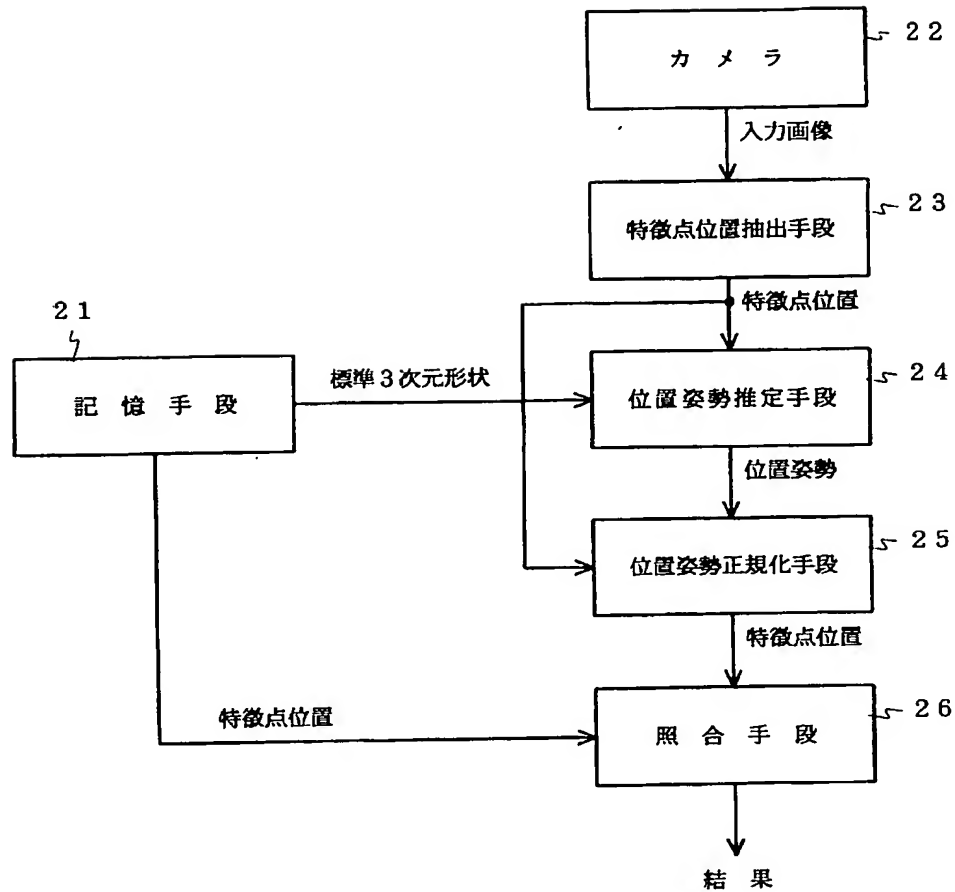
【図 6】



【図 7】



【図8】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2F065 AA04 AA12 AA37 BB05 BB27
 DD03 FF21 FF44 GG10 HH02
 JJ03 JJ26 QQ17 QQ21 QQ24
 QQ28 QQ32 QQ38 QQ41
 5B057 AA01 BA24 CA01 CA13 CB13
 CC03 CH11 DA07 DB06 DC08
 DC32
 5L096 AA09 CA04 EA14 EA31 FA34
 FA67 FA69 GA38 LA05